

ОПЫТ ОАО «ВНИИМТ» ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИПЕЧНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ ДОМЕННОГО ШЛАКА В КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Л.А. Зайнуллин¹, Д.В. Мехряков¹, В.Г. Грезнев¹, Чэнь Кай²

¹ОАО «ВНИИМТ» (г. Екатеринбург, Россия)

²АО «Бейченская металлургическая компания» (г. Шэньян, КНР)

Опыт внедрения установок припечной грануляции шлака в Китайской Народной Республике показал высокие эксплуатационные характеристики технологии ВНИИМТ. Достижение заданных эксплуатационных характеристик и оптимизация технологического процесса возможны только при непосредственном участии разработчика технологии в процессе пусконаладочных работ.

Ключевые слова: доменная печь, припечная установка грануляции шлака, доменный шлак, базисный инжиниринг.

Experience of implementing pripechnoy slag granulation plants in the People's Republic of China has shown high performance technology VNIIMT. Achieving set performance and optimization of the process is possible only with the direct participation of technology developers during commissioning.

Keywords: blast furnace, slag granulation plant, blast-furnace slag, basic engineering

Технология припечной грануляции шлаков

Специалисты ОАО «ВНИИМТ» разработали и успешно внедрили технологию припечной грануляции различных расплавов. Данная технология позволяет решить следующие проблемы, связанные с утилизацией доменных шлаков:

1. Получение заданной структуры и фракционного состава гранулированного шлака для обеспечения наиболее эффективного направления использования шлака, в первую очередь, как гидравлически активной добавки к цементу. Необходимые характеристики могут быть достигнуты только при водной припечной технологии грануляции исходного расплава с возможно большей начальной температурой расплава перед грануляцией.

2. Обеспечение взрывобезопасности грануляции. Достигается за счет организации диспергирования расплава над бассейном, а не в гидрожелобах.

3. Достижение максимально возможного снижения влажности гранулированного шлака. Обеспечивается за счет откачки граншлака при помощи эрлифта из бассейна в обезвоживатель специальной конструкции, обеспечивающий эффективное обезвоживание граншлака.

4. Обеспечение экологически комфортных условий в районе литейного двора доменной печи за счет максимальной локализации парогазовых выбросов и удаления их через трубу за счет самотяги с обеспечением рассеивания выбросов.

5. Утилизация тепла исходного расплава шлака, может достигаться за счет конденсации пара, образующегося при грануляции, например, для выпарки с использованием вакуумных выпарных аппаратов загрязненных стоков, присутствующих на любом металлургическом производстве.

6. Внедрение припечных установок грануляции в стесненных условиях действующих доменных цехов за счет относительной компактности и моноблочности технологии.

Технология грануляции шлака защищена патентами РФ.

Технологическая схема одного из вариантов припечной грануляции доменного шлака приведена на рис. 1.

Жидкий шлак из доменной печи по желобу 2 поступает к узлу грануляции 3, где за счет механического воздействия струй воды раздробляется и в виде трехфазной смеси поступает в приемный бункер 5, заполненный

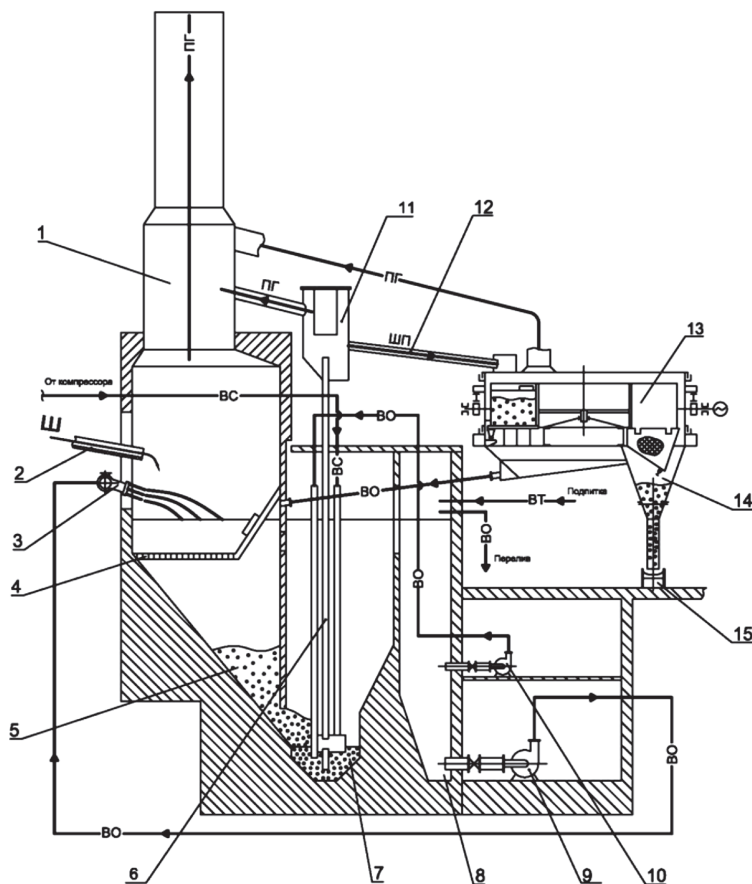


Рис. 1. Схема установки припечной грануляции доменного шлака:

1 – вытяжка трубы; 2 – желоб шлаковый; 3 – гидромонитор; 4 – решетка; 5 – приемный отсек гранбассейна; 6 – эрлифт шлаковый; 7 – отсек эрлифтный; 8 – насос осветленной воды; 9 – насос грануляционной воды; 10 – насос взмучивающей воды; 11 – сепаратор эрлифта; 12 – пульпопровод в обезживатель; 13 – обезживатель карусельный; 14 – бункер гранулированного шлака; 15 – конвейер обезвоженного шлака

водой. Приемный бункер оборудован металлической решеткой 4, задерживающей негабаритные предметы. При погружении в воду частицы шлака охлаждаются и затвердевают. Образующийся в процессе грануляции пар через вытяжную трубу 1 выбрасывается в атмосферу.

Гранулированный шлак вместе с водой через проем в вертикальной стенке поступает в эрлифтный отсек 7. Поднимаясь по колодезю эрлифта, вода осветляется и переливается в камеру осветленной воды 8, откуда забирается грануляционным насосом 9 и подается к гидромонитору на очередной цикл грануляции. В случае завала проема гранулированным шлаком, вода поступает в колодезь эрлифта через верхнее переливное устройство, снабженное опускной трубой. Транспортировка гранулированного шлака осуществляется шлаковым эрлифтом 6, представляющим собой вертикальную трубу, футерованную каменным литьем. Применение эрлифта для перекачки шлака вызвано тем, что эрлифт обладает большей надежностью, меньшей изнашиваемостью, обеспечивает перекачку густой пульпы с большей экономичностью по сравнению с насосами при перекачке горячей пульпы.

Для взмучивания гранулированного шлака на всасе эрлифта предусмотрен подвод воды от отдельного насоса 10, забирающего воду из камеры осветленной воды.

Под действием вводимого в насадку эрлифта сжатого воздуха смесь воды с гранулированным шлаком поднимается в сепаратор 11, откуда самотеком по пульпопроводу 12 поступает в обезвоживатель 13 карусельного типа.

Обезвоживатель карусельного типа представляет собой вращающуюся сварную конструкцию (корпус) цилиндрической формы, разделенную на сегменты и снабженную стационарной крышкой и поддоном. Через крышку осуществляется подача шлаковой пульпы от сепаратора эрлифта, а также эвакуация паровоздушной смеси в вытяжную трубу. Поддон обеспечивает сбор фильтрующейся воды и ее возвращение в приемный бункер. Обезвоженный граншлак из бункера 14 выгружается на ленточный конвейер 15 и передается на склад. Рекомендуются способ складирования гранулированного шлака – открытый склад штабельного типа. Влажность шлака в штабеле увеличивается по направлению к основанию штабеля. Рациональная организация работ по перевалке и отгрузке шлака позволит дополнительно снизить влажность шлака.

В настоящий момент установки припечной грануляции шлака по технологии ВНИИМТ внедрены на следующих предприятиях:

- «Криворожсталь», 1975 г., ДП № 9 (5000 м³), 4 установки;
- Новоліпецький металургічний комбінат (НЛМК), 1978 г., ДП № 6 (3200 м³), 4 установки;
- «Северсталь», 1986 г., ДП № 5 (5580 м³), 4 установки;
- Билайський меткомбінат (Індія), 1989 г., ДП № 7 (3000 м³), 4 установки;
- «Норильський нікель», Нагайкінський металургічний завод, 1998–2005 гг., електропечі обіднення шлаку, 4 установки;
- АО «Тяньцзиньська металургічна група», г. Тяньцзинь (Китай), 2012 г., ДП № 1,2 (2×1260 м³), 4 установки;
- «Baotou iron & steel» (Китай), 2014 г., ДП № 1,2 (2×4150 м³), 4 установки.

Грануляция доменного шлака на Баотоуском металлургическом комбинате «BAOTOU IRON & STEEL», г. Баотоу, Внутренняя Монголия, КНР

В 2014 г. в г. Баотоу на Баотоуском металлургическом комбинате (КНР) запущен в эксплуатацию новый комплекс доменных печей. В состав комплекса из двух доменных печей объемом по 4150 м³ входят четыре установки припечной грануляции шлака (УПГШ) по технологии ВНИИМТ. Для каждой доменной печи предусмотрены две автономные УПГШ.

Специалисты ОАО «ВНИИМТ» по контракту с представителем Заказчика – Баотоуской дочерней фирмой по металлургическим технологиям «Beris» при МСС им. Пелэй – разработали базисный инжиниринг на комплекс припечной грануляции шлака, комплексное задание на выполнение рабочего инжиниринга, технический проект обезжелезивателя карусельного типа. Также по дополнительному контракту было осуществлено изготовление и поставка комплекта эрлифтного оборудования для нового комплекса.

Каждая доменная печь, оборудованная четырьмя шлаковыми летками, оснащается двумя установками грануляции шлака, расположенными с противоположных сторон доменной печи. В составе каждой установки, по заданию Заказчика, предусматривается одна технологическая линия, без резервной линии. Выпуск шлака осуществляется каждые два часа через две из четырех леток попеременно. На каждую гранустановку жидкий шлак подается через каждые 4 ч. Интенсивность эксплуатации оборудования в данном случае в два раза выше, чем на установках грануляции шлака доменных печей в России.

Основные показатели работы гранустановок приведены в табл. 1.

Основные показатели работы гранустановок

Таблица 1

Параметр	Ед. изм.	Величина
Годовой выход шлака максимальный	тыс. т/год	1350
Суточный выход шлака максимальный	т/сут	3780
Количество выпусков шлака в сутки	шт.	12
Объем шлака за выпуск максимальный	т	315
Расчетная производительность гранустановки по жидкому шлаку	т/ч	180
Максимальная производительность гранустановки по жидкому шлаку	т/ч	343
Расчетная производительность гранустановки по гранулированному шлаку	т/ч	180

При нормальной работе на расчетном режиме установка работает 99 мин и находится в режиме ожидания 141 мин. При выходе одной из двух установок на ремонт выпуск шлака из доменной печи осуществляется на одну сторону, режим работы действующей установки не меняется, а продол-

жительность ожидания сокращается до 21 мин. Такое решение позволяет осуществлять процесс грануляции шлака в достаточно широком диапазоне технологических режимов работы без ухудшения качества обезвоженного гранулированного шлака.

Основное оборудование гранустановки размещается в здании с размерами в плане 27×33 м. Высотная отметка здания по нижнему поясу ферм +25,000 м. Здание оборудовано мостовым опорным краном грузоподъемностью 10 т (рис. 2). В нем размещается карусельный обезвоживатель, шлаковый эрлифт, насосная станция, помещение поста управления, а также колодец эрлифта и камера осветленной воды.

Приемный бункер, гидромониторы и система пароудаления, включающая укрытие бункера и вытяжную трубу, размещаются в пристроенном помещении, располагаемом между основным зданием и рабочей площадкой литейного двора доменного цеха (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид установок грануляции ДП 4150 м³

Управление установками грануляции осуществляется в автоматическом режиме. Вся информация от первичных датчиков приходит на контроллер, который связан с панелью оператора, где на мнемосхеме отображаются измеренные параметры подводимых энергоносителей в процессе грануляции шлака и работа установки. Контроллер вырабатывает предупредительные и аварийные сигналы при отклонении параметров энергоносителей



Рис. 4. Процесс грануляции шлака

ниже заданного значения. Приборы видеонаблюдения позволяют контролировать процесс грануляции с рабочего места оператора (рис. 4).

В процессе рабочего проектирования и строительства, осуществляемого Заказчиком, специалисты ОАО «ВНИИМТ» оказывали консультационные услуги по возникшим вопросам. Пусконаладочные работы комплекса придоменной грануляции Заказчик осуществлял собственными силами, в связи с чем возникли определенные трудности с достижением технологических показателей. Данная ситуация наглядно подтверждает необходимость обязательного привлече-

чения разработчиков технологии к выполнению пусконаладочных работ.

По согласованию всех заинтересованных сторон, в июне 2014 г. бригада специалистов ОАО «ВНИИМТ» выехала на площадку в г. Баотоу. В ходе осмотра выявлены отступления от базисного инжиниринга, допущенные китайской стороной, и нарушения, связанные непосредственно с технологией грануляции шлака:

- работа с увеличенной производительностью по шлаку (отличие от исходных данных по контракту более чем на 30 %);
- отступления от требований инструкции по эксплуатации шлаковых эрлифтов;
- неоптимальная схема регулирования сжатого воздуха, подаваемого на эрлифтное оборудование;
- конструктивные размеры отдельных элементов гидромонитора отличаются от заданных расчетных значений, указанных в базовом инжиниринге;
- неоптимальный выбор насосного оборудования и параметров тракта грануляционной воды, сложность регулирования расхода и достижения необходимого давления воды на гидромониторе (рис. 5);
- форма приемного отсека гранбассейна отличается от рекомендованной ВНИИМТ, в связи с чем затруднен процесс подачи шлака к эрлифту, также зависанию шлака способствует конструкция металлической облицовки гранбассейна и качество ее выполнения;
- вытяжные трубы установок грануляции выполнены с большим количеством перегибов, протяженность каналов увеличена в два раза.



Рис. 5. Работа гидромонитора

В результате в условиях, отличных от оптимальных, установки грануляции шлака работали с отступлением от проектных показателей:

- повышенный расход сжатого воздуха;
- переизмельчение гранулированного шлака;
- плохое осветление оборотной воды, забивание мелким шлаком оборудования и трубопроводов;
- повышенное сопротивление в тракте пароудаления затрудняет своевременную эвакуацию испарений из укрытия гранбассейна.

Специалисты ОАО «ВНИИМТ» во время аудита на площадке «BAOTOU IRON & STEEL» (г. Баотоу) объяснили Заказчику необходимость применения мер по приведению установок грануляции к требованиям технологического регламента. Также разъяснены отдельные моменты, особо влияющие на ведение технологического процесса грануляции. Используя полученную информацию, Заказчик оптимизирует производственный процесс.

Грануляция доменного шлака на АО «Тяньцзинская металлургическая группа», г. Тяньцзинь, КНР.

В 2012–2013 гг. в г. Тяньцзинь на АО «Тяньцзинская металлургическая группа» запущен в эксплуатацию комплекс доменных печей. В состав комплекса из двух доменных печей объемом по 1260 м³ входят четыре установки припечной грануляции шлака (УПГШ) по технологии ВНИИМТ. Для каждой доменной печи предусмотрены две автономные УПГШ.

Специалисты ОАО «ВНИИМТ» по контракту с представителем Заказчика – АО «Бейченьская металлургическая компания» – разработали базисный инжиниринг на комплекс припечной грануляции шлака, комплексное задание на выполнение рабочего инжиниринга, выполнили изготовление и поставку функциональных элементов эрлифтного оборудования, осуществили пусконаладочные работы.

Каждая доменная печь, оборудованная двумя шлаковыми летками, оснащается двумя установками грануляции шлака – правой и левой. В составе каждой установки предусматривается одна технологическая линия. Выпуск шлака осуществляется каждые два часа через одну из двух леток попеременно. То есть на каждую грануляционную установку жидкий шлак подается через каждые 4 ч. При нормальной работе шлаковые эрлифты и обезвоживатели обеих гранустановок работают постоянно и одновременно с производительностью 25 т/ч. Мониторы и насосы узлов грануляции работают попеременно с интервалом 1,3 ч. При аварийном, или плановом ремонте одной из двух гранустановок производительность по гранулированному шлаку второй гранустановки увеличивается до 50 т/ч, за счет увеличения скорости вращения обезвоживателя с соответствующим повышением влажности гранулированного шлака и увеличения производительности эрлифта. Основные показатели работы гранустановок приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные показатели работы

Параметр	Ед. изм.	Величина
Годовой выход шлака максимальный	тыс. т/год	420
Суточный выход шлака максимальный	т/сут	1 200
Количество выпусков шлака в сутки	шт.	12
Объем шлака за выпуск максимальный	т	100
Расчетная производительность гранустановки по жидкому шлаку	т/ч	150
Максимальная производительность гранустановки по жидкому шлаку	т/ч	420
Расчетная производительность гранустановки по гранулированному шлаку:		
в штатном режиме	т/ч	25
в режиме планового или аварийного ремонта	т/ч	50

Конструктивно каждая установка грануляции выполнена в виде открытого сооружения из железобетонных конструкций (рис. 6). Здание для размещения оборудования не предусматривается ввиду климатических условий задания.

Оборудование – эрлифты, обезвоживатели – размещено на открытых площадках. Обслуживание осуществляется при помощи стреловых автокранов (рис. 7).



Рис. 6. Общий вид установок грануляции ДП 1260 м³

Пульт управления оператора размещен в отдельном помещении, установленном на площадке обслуживания установки грануляции. Помещение оборудовано системой вентиляции и кондиционирования. В этом же помещении расположено оборудование системы АСУ ТП.

Специалисты ОАО «ВНИИМТ» оказывали консультационные услуги при разработке детального инжиниринга Заказчиком. Процесс изготовления оборудования и проведения работ по шефмонтажу курировался со стороны авторов технологии. Во время периода пусконаладки ВНИИМТ провел работу по оптимизации работы установок грануляции, отладку системы управления, а также обучение персонала.

В ходе отладки системы эксплуатационный персонал АО «Тяньцзиньская металлургическая группа» выполнил несколько циклов слива чугуна из доменной печи в приемный отсек установки грануляции шлака. При этом установка грануляции работала в штатном режиме – взрывы, разрушения не зафиксированы. Чугун был гранулирован, поднят эрлифтом и обезвожен. Данный факт еще раз подтверждает высокую взрывобезопасность технологии диспергирования расплава над бассейном.

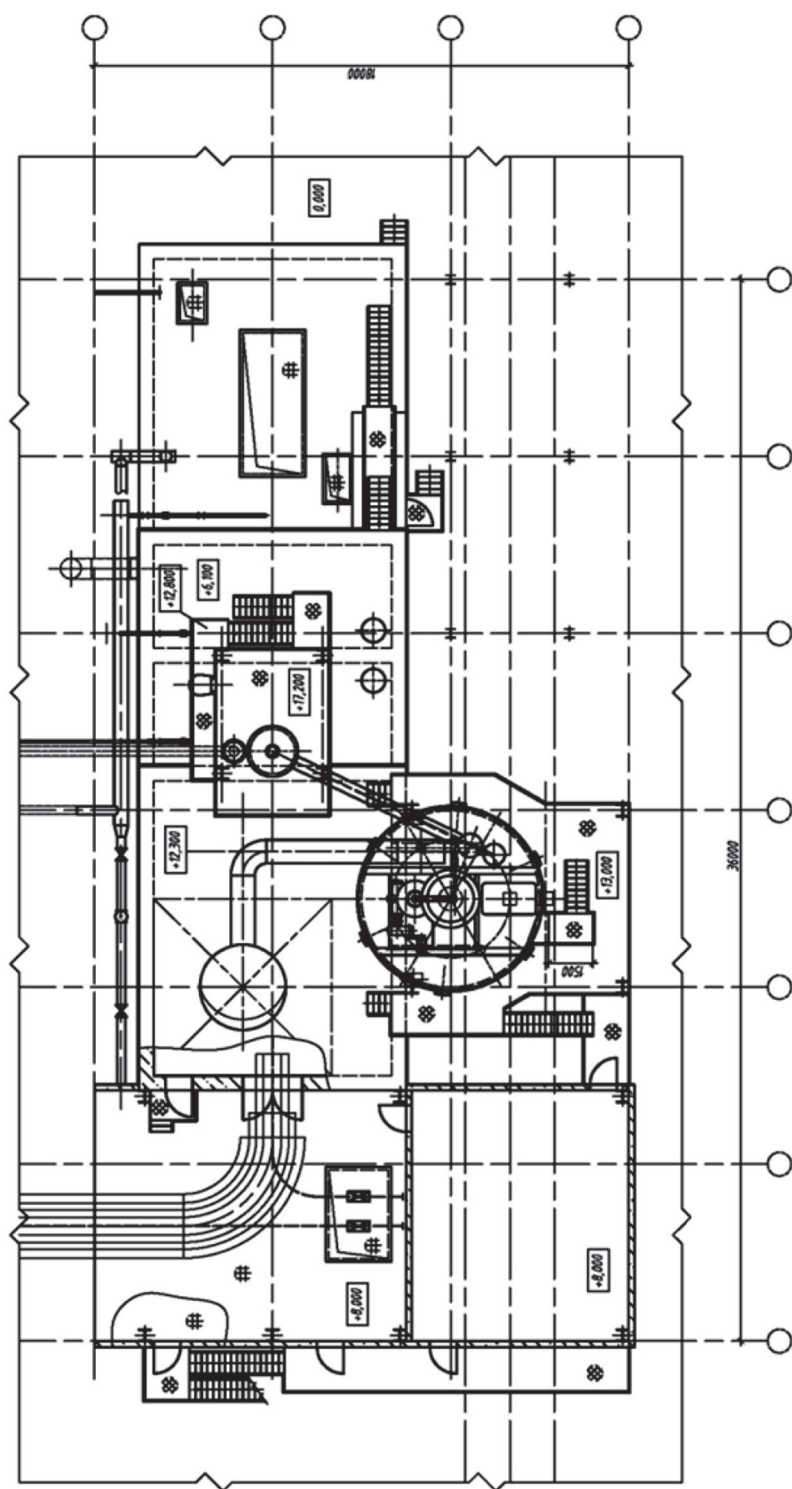


Рис. 7. Компоновка установки грануляции шлака для ДП 1260 м³

Отмечено также, что несмотря на достаточно комфортные климатические условия, снижение капитальных затрат и удобство обслуживания оборудования, размещение установок грануляции без закрытых зданий не рекомендуется. Опыт эксплуатации в г. Тяньцзинь показал, что требуется защита оборудования грануляции и обслуживающего персонала от неблагоприятных климатических факторов.

Опыт внедрения установок припечной грануляции шлака в Китайской Народной Республике показал высокие эксплуатационные характеристики технологии ВНИИМТ. Надежность и высокая взрывобезопасность технологии, а также относительно малая величина капиталовложений высоко отмечены китайскими специалистами. В то же время еще раз хочется подчеркнуть важность этапа пусконаладочных работ, необходимость участия разработчиков технологии в процессе вывода на заданные эксплуатационные характеристики.